



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV VODNÍCH STAVEB**

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

**NÁVRH ÚPRAVY TOKU NA VYBRANÉ LOKALITĚ**

RIVER REGULATION WITH REGARD TO THE FLOOD PROTECTION AND REVITALIZATION

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Martin Bohatý

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. DAVID DUCHAN, Ph.D.

**BRNO 2021**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodních staveb

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Martin Bohatý
<b>Název</b>	Návrh úpravy toku na vybrané lokalitě
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. David Duchan, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2020
<b>Datum odevzdání</b>	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

---

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

### Podklady:

- 1) Příčné a podélné profily úseku toku
- 2) Situace a digitální model terénu
- 3) Hydrologické podklady

### Literatura:

- 1) Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, 1959
- 2) Studijní opora "Proudění v systémech říčních koryt" a "Projekt vodní stavby".
- 3) ES 2007. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES ze dne 23. října o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik.
- 4) MŽP ČR 2009. Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. VÚV T.G. Masaryka v.v.i, Brno. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.
- 5) Zákon 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Na vybrané lokalitě bude provedeno ověření kapacity koryta. Na základě hydraulických výpočtů bude proveden návrh úpravy toku s přihlédnutím k revitalizaci a přírodě blízké protipovodňové ochrany.

### Výstupy:

- 1) Textová část
- 2) Mapové výstupy

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

---

Ing. David Duchan, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na zhodnocení současného stavu a návrh úpravy toku říčky Bobravy, kterou najdeme v okrese Brno-venkov. Mimo jiné protéká obcí Želešice, naší zájmovou lokalitou. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část je věnována proudění vody v otevřeném korytě a základními výpočtovými metodami. Praktická část popisuje zájmovou lokalitu, obsahuje hydraulické výpočty v programu hec-ras a samotnou navrhovanou úpravu. Nedílnou součástí je i hydraulické ověření návrhu a jeho zhodnocení.

## KLÍČOVÁ SLOVA

vodní tok, úprava toku, revitalizace, přírodě blízká protipovodňová opatření, protipovodňová opatření, říčka Bobrava, Želešice, Povodí Moravy, HEC-RAS

## ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on the evaluation of the current state and proposal of the river Bobrava, which can be found in the district of Brno-venkov. Among other things, it flows through the municipality of Želešice, our locality of interest. The work is divided into theoretical and practical parts. The theoretical part is devoted to water flow in an open channel and basic calculation methods. The practical part describes the site of interest, including hydraulic calculations in the HEC-RAS program and the proposed treatment itself. Hydraulic verification of the design and its evaluation is also an integral part of the work.

## KEYWORDS

water flow, channel improvement, revitalization, flood protection, nature-based flood protection measures, small river Bobrava, Zelesice, Povodí Moravy, HEC-RAS

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Martin Bohatý *Návrh úpravy toku na vybrané lokalitě*. Brno, 2021. !!XX!! s., !!YY!! s. příl.

Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. David Duchan, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Návrh úpravy toku na vybrané lokalitě* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2021

---

Martin Bohatý  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh úpravy toku na vybrané lokalitě* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 5. 2021

---

Martin Bohatý  
autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Davidu Duchanovi, Ph.D. za trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval. Děkuji také za cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Děkuji také své rodině, která mě ve studiu po celou dobu podporovala stejně jako moje přítelkyně a přátelé.

## Obsah:

<b>1. Úvod .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Cíle práce .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Vstupní podklady.....</b>	<b>12</b>
<b>4. Teoretická část .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1. Proudění vody v otevřených korytech.....</b>	<b>13</b>
4.1.1. <i>Ustálené a neustálené proudění .....</i>	<i>13</i>
4.1.2. <i>Rovnoměrné a nerovnoměrné proudění.....</i>	<i>13</i>
<b>4.2. Rychlost proudění vody v korytě.....</b>	<b>14</b>
4.2.1. <i>Rychlostní vztah dle Pavlovského.....</i>	<i>14</i>
4.2.2. <i>Rychlostní vztah dle Manninga.....</i>	<i>14</i>
4.2.3. <i>Rychlostní vztah dle Stricklera .....</i>	<i>15</i>
4.2.4. <i>Drsnostní součinitel.....</i>	<i>15</i>
<b>4.3. Metoda po úsecích.....</b>	<b>16</b>
<b>5. Zájmová lokalita .....</b>	<b>19</b>
5.1. Popis povodí toku .....	19
5.2. Popis toku .....	21
5.3. Objekty v zájmové lokalitě toku.....	25
5.4. Popis okolí toku .....	30
5.5. Hydrologické údaje .....	32
5.6. Klimatické údaje .....	35
5.7. Geologické a pedologické údaje.....	36
5.8. Životní prostředí .....	37
<b>6. Hydraulické výpočty .....</b>	<b>38</b>
6.1. Program HEC-RAS.....	38
6.2. Popis výpočtu v programu HEC-RAS.....	38
6.3. Model zájmové lokality – geometrická data .....	38
6.3.1. <i>Příčné profily.....</i>	<i>38</i>
6.3.2. <i>Objekty na toku.....</i>	<i>38</i>
6.3.3. <i>Součinitel drsnosti n .....</i>	<i>39</i>
6.4. Okrajové podmínky modelu.....	39
6.5. Výpočet současné kapacity koryta v programu HEC-RAS .....	40
6.6. Zhodnocení stávajícího stavu .....	40
6.6.1. <i>Tok a jeho okolí.....</i>	<i>40</i>
6.6.2. <i>Objekty na toku.....</i>	<i>41</i>



<b>7. Navrhovaná úprava .....</b>	<b>43</b>
<b>7.1. Navrhovaná úprava Ú1 – revitalizace a PBPPPO .....</b>	<b>43</b>
7.1.1. <i>Navýšení stávající hráze v úseku ř. km 1,820 – 1,970 (LB+PB) .....</i>	<i>44</i>
7.1.2. <i>Navýšení stávající hráze v úseku ř. km 1,970 – 2,500 (LB) .....</i>	<i>44</i>
7.1.3. <i>Revitalizace v úseku ř. km 2,500 – 3,250 (LB) .....</i>	<i>45</i>
7.1.4. <i>Navýšení stávající hráze v úseku ř. km 3,250 – 3,700 (LB) .....</i>	<i>45</i>
7.1.5. <i>PPO ve formě ŽB stěny v úseku ř. km 1,970 – 2,250 (PB) .....</i>	<i>45</i>
<b>7.2. Navrhovaná úprava Ú2 – PPO .....</b>	<b>46</b>
7.2.1. <i>Levobřežní PPO v úseku ř. km 3,900 – 4,420 .....</i>	<i>46</i>
7.2.2. <i>Pravobřežní PPO v úseku ř. km 3,900 – 4,670 .....</i>	<i>48</i>
<b>8. Hydraulické ověření návrhu .....</b>	<b>49</b>
8.1.     Zhodnocení ověřeného návrhu .....	49
8.2.     Porovnání současného a navrhovaného stavu .....	49
<b>9. Závěr .....</b>	<b>50</b>
<b>10. Seznam zdrojů .....</b>	<b>51</b>
<b>11. Seznam obrázků .....</b>	<b>55</b>
<b>12. Seznam tabulek .....</b>	<b>56</b>
<b>13. Seznam zkratk a symbolů .....</b>	<b>57</b>
<b>14. Seznam příloh .....</b>	<b>58</b>

## 1. Úvod

Bakalářská práce se zabývá zkoumáním říčky Bobravy. Nachází se v Jihomoravském kraji, konkrétně v okrese Brno-Venkov. Délku má cca 36,6 kilometrů a plochu povodí 187 km<sup>2</sup>. Pramení u obce Rudka a ústí u Popovic do řeky Svatky. Na jejím dolním toku se nachází Přírodní park Bobrava. Koryto toku je převážně nezpevněno a na většině území je mu tak ponechán přirozený charakter. Bobrava se dle vyhlášky ministerstva zemědělství č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků, řadí mezi významné vodní toky na území České republiky. [4]

Příroda je velmi nevyzpytatelná, a proto je důležité budování protipovodňových opatření a hlídání stavů a průtoků, kvůli ochraně majetku měst, obcí a zdraví obyvatel v přilehlých částech vodních toků. Povodně se v České republice řadí mezi největší přírodní živelné katastrofy, se kterými je třeba se vypořádávat. Od roku 1997 (největší povodně konce 20. století) do roku 2020 došlo z důvodu povodní ke škodám na majetku v řádech miliard korun a bohužel i ke ztrátám na životech. V roce 2020 řešily pojišťovny 83 000 pojistných událostí z povodní, vichřic a krupobití za 3 mld. Kč. [5]

Existuje několik variant, jak lze škody způsobené povodněmi a velkými přívaly srážek eliminovat či snižovat. Jednou z možností je technické opatření. Další například přirozená retence vody.

Téma práce je zaměřeno na návrh úpravy toku. Je popsán stav koryta říčky Bobravy. Na základně zjištěných informací je vypracován návrh s ohledem na povodňový průtok  $Q_{100} = 45,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Návrh je rozdělen na část revitalizace a část PPO.

## **2. Cíle práce**

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Cílem bakalářské práce je zhodnotit současný stav říčky Bobravy a navrhnout úpravu vodního toku. Práce byla vytvořena na základě místního šetření oblasti a pořízení fotodokumentace.

Hlavní cíle:

- ověření hydraulických poměrů stávajícího stavu
- návrh úpravy koryta
- ověření kapacity navrženého koryta
- porovnání současného a navrhovaného stavu

### 3. Vstupní podklady

Pro zpracování bakalářské práce byly použity následující dokumenty:

- [A] Povodí Moravy, s. p., příčné profily PF1-PF177, formát DGN
- [B] Povodí Moravy, s. p., situace pro PF1-PF177, formát DXF
- [C] MLÁDĚNKA, Jakub. *NÁVRH PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH OPATŘENÍ NA VODNÍM TOKU BOBRAVA*. Brno, 2019. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. HANA UHMANNOVÁ, CSc.
- [D] Povodňový plán obce Tetčice, 2013, formát PDF
- [E] Místní pochůzka s fotodokumentací, vlastní podklad, autor: Martin Bohatý, datum místní pochůzky: 14. 4. 2021
- [F] Databáze DIBAVOD, formát SHP
- [G] ČUZK, Digitální model terénu, formát TIFF
- [H] ČUZK, Ortofoto mapa, formát XML, PNG
- [I] ČUZK, Základní mapa (ZM10), formát XML, PNG
- [J] *Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik* [online]. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2009 [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: [https://cds.chmi.cz/dokumentace/Metodika\\_mapovani\\_2012-03-13.pdf](https://cds.chmi.cz/dokumentace/Metodika_mapovani_2012-03-13.pdf)

## 4. Teoretická část

V teoretické části se zabývám prouděním vody v otevřených korytech, kde existuje několik typů proudění. Tyto způsoby se od sebe různě liší. Uvádím proto základní rozdělení. Dále navazuje rychlost proudění vody v korytě a objasnění metody po úsecích.

### 4.1. Proudění vody v otevřených korytech

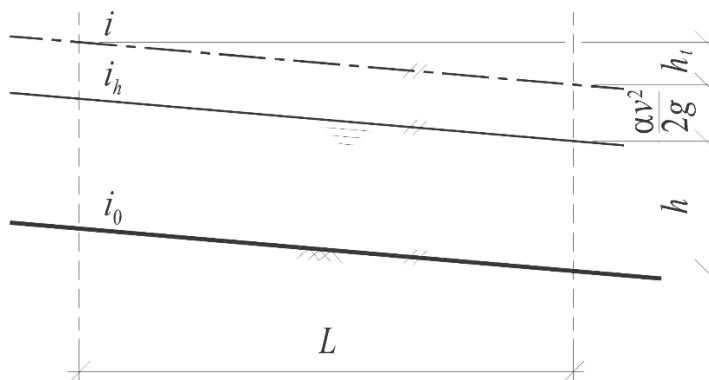
Proudění vody v otevřených korytech se rozlišuje podle dvou základních kritérií. Podle proměnlivosti průtoku v čase a podle proměnlivosti prostorového charakteru po délce. Tyto typy proudění se mezi sebou mohou kombinovat, a tím může růst obtížnost výsledného řešení.

#### 4.1.1. Ustálené a neustálené proudění

- **Ustálené proudění** – takové proudění, kde se průtok v čase nemění ( $Q = \text{konst.}$ ).
- **Neustálené proudění** – proudění, při kterém se mění průtok v čase. ( $Q \neq \text{konst.}$ )

#### 4.1.2. Rovnoměrné a nerovnoměrné proudění

- **Rovnoměrné proudění** – zvláštní případ ustáleného proudění, přičemž musí platit, že ve všech profilech zvoleného úseku je sklon dna  $i_0$ , průtočná plocha  $A$ , průřezová rychlost  $v$  a hloubka  $h$  konstantní. A sklon dna  $i_0$  je stejný jako sklon hladiny  $i_h$ , a také jako sklon čáry energie  $i$ .



Obr. 1 Rovnoměrné proudění

- **Nerovnoměrné proudění** – jde o proudění, které se vyskytuje spíše než rovnoměrné proudění. Jde o případ, kdy se sklon dna  $i_0$ , průtočná plocha  $A$ , průřezová rychlost  $v$  a hloubka  $h$  mění, a proto se ve směru toku vyskytují ztráty energie v podobě místní ztráty a ztráty třením po délce. [1,3]

## 4.2. Rychlost proudění vody v korytě

V rovnoměrném ustáleném proudění mluvíme o rychlosti  $v$ , která se počítá z Chézyho rovnice:

$$v = C\sqrt{Ri_0}, \quad (1)$$

$$R = \frac{A}{O}, \quad (2)$$

kde  $C$  je rychlostní součinitel,  $R$  hydraulický poloměr a  $i_0$  je sklon dna počítaného úseku. Hydraulický poloměr je vypočítán podílem plochy  $A$ , a omočeným obvodem  $O$ , který je realizován na styku kapaliny s pevnou částí koryta. Je nutno si uvědomit, že styk mezi vzduchem a kapalinou je zanedbatelný, a proto ho ve výpočtu neuvažujeme.

Rychlostní součinitel  $C$  také není konstantní. Pro výpočet je možné použít nespočet empirických vzorců, které byly odvozeny v terénu, ale pro stručnost uvádíme výpočet rychlostního součinitele  $C$  pro Pavlovského, Manninga a Stricklera, které užíváme v našich podmínkách nejčastěji.

### 4.2.1. Rychlostní vztah dle Pavlovského

Metoda je považován za jeden z nejpřesnějších vzorců pro výpočet rychlostního součinitele  $C$ :

$$C = \frac{1}{n}R^y, \quad (3)$$

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1), \quad (4)$$

kde  $n$  je drsnostní součinitel a  $R$  hydraulický poloměr v mocninném tvaru zvolené neznámé  $y$ .

### 4.2.2. Rychlostní vztah dle Manninga

Jelikož v případech, kde počítáme  $y$  dle Pavlovského moc nekolísá, tak když dosadíme konstantu, která je střední hodnotou výsledků u výpočtu Pavlovského  $y = 1/6$  dostaneme Manningův rychlostní vztah:

$$C = \frac{1}{n}R^{1/6}, \quad (5)$$

kde  $n$  je drsnostní součinitel a  $R$  hydraulický poloměr.

#### 4.2.3. Rychlostní vztah dle Stricklera

Strickler upravil vztah dle Manninga nahrazením rychlostního součinitele  $C$  součinitelem  $k_s$  závislým na zrnitosti materiálu v korytě, a tím dostal vztah pro výpočet rychlosti  $v$ :

$$v = k_s R^{2/3} i_0^{1/2}, \quad (6)$$

$$k_s = \frac{21,1}{\sqrt[6]{d_s}}, \quad (7)$$

kde  $d_s$  je 55% zrno z křivky zrnitosti zrna vyskytujícího se na povrchu koryta. [1,3]

#### 4.2.4. Drsnostní součinitel

Někdy nazýván jednodušeji jako drsnost nesoucí označení  $n$ , je hodnota založená na empirickém určení, přičemž hodnoty se mohou mnohdy lišit v závislosti na zkušenostech odborníka prováděného empirický výpočet. Drsnost brání normálnímu průtoku vody v korytě přítomností jak přírodních, tak umělých překážek. Drsnostní součinitel  $n$  je možno hledat v nespočetném množství katalogů, tabulek apod.

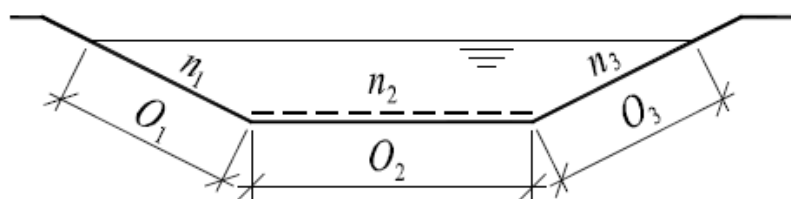


Obr. 2 Příklad empirického určení drsnosti na lokalitě Bobrava [6]

Příklad se vztahuje k řešené lokalitě a je jedním z mnoha, které jsou dále používány do dříve zmiňovaných katalogů drsností.

U složitějších tvarů koryt, kdy je omočený obvod  $O$  složen z více částí, které disponují odlišnými drsnostmi, lze výsledný drsnostní součinitel  $n$  určit jako vážený průměr. Ve zmíněném případě (Obr. 3) můžeme vysvětlit postup výpočtu jako zvolený omočený obvod  $O_1$  připadající k drsnostnímu součiniteli  $n_1$  a dále analogicky obvody  $O_2$ ,  $O_3$  k drsnostním součinitelům  $n_1$ ,  $n_2$ .

$$n = \frac{\sum_{i=1}^k n_i O_i}{O} \quad (8)$$



Obr. 3 Složitý tvar koryta složený z více částí

V přirozených i v upravených říčních tratích je častý výskyt říčních koryt ze dvou nebo více částí, ve kterých se realizují různé rychlosti. Tyto části jsou většinou hlubší a mělčí, přičemž ve výpočtu tyto části počítáme samostatně. Hlubší a zároveň hlavní částí je kyneta a mělčí částí berma, která se může vyskytovat kolem kynety, ale není to pravidlem. Abychom dostali výsledky co nejvěrnější skutečnosti, vypočítáme pak výsledné průtoky [1, 32]:

$$Q = Q_{kyneta} + Q_{berma} \quad (9)$$

#### 4.3. Metoda po úsecích

Používá se tam, kde předpokládáme v celém řešeném úseku ustálené nerovnoměrné proudění.

Koryta, která jsou přirozená mají měnící se sklon, drsnost i příčný profil po celé délce toku. Koryto se může po délce zužovat i rozšiřovat, přičemž změny šířky se dějí postupně a nepravidelně. Dalším vlivem na průtočnou plochu mohou mít také různé překážky v toku, jako např. mostní pilíře nebo osamělé balvany.

Pro výpočet výšky hladiny používáme obecnou metodu „po úsecích“. Metoda je založena na řešení Bernoulliho rovnice, která je řazena do interaktivní procedury.



Výsledkem jednoho kroku je výpočet průběhu hladiny mezi dvěma sousedními profily. Při výpočtu počítáme s energetickými ztrátami v podobě místní ztráty a ztráty třením po délce.

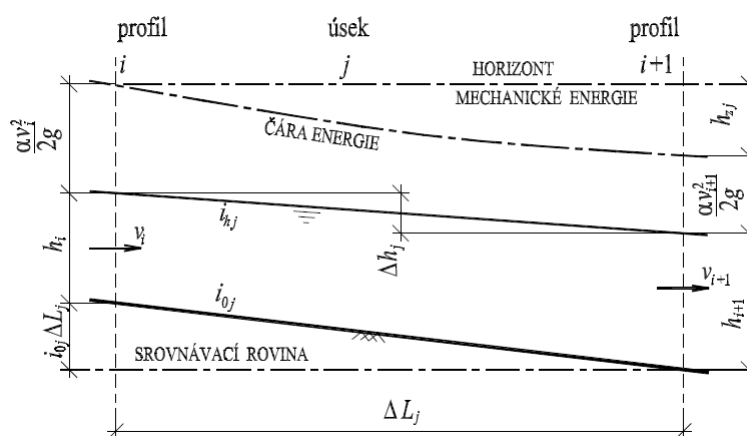
Při výpočtu říčního typu proudění vycházíme ze známé hloubky vody v dolním profilu a výpočet provádíme proti směru proudění (Obr. 5). Celý úsek rozdělíme na konečný počet úseků, který vychází z členitosti vodního toku. Příčné profily umísťujeme do míst, kde dochází k výrazným změnám v hydraulických veličinách jako je změna příčného profilu, sklon dna, drsnost koryta nebo do míst, kde se výrazně mění průtok, např. v místě přítoků nebo odběrů. [3]

U konkrétního případu (Obr. 4), kdy jsme si rozdělili příčný profil na úseky o délkách  $\Delta L_j$  předpokládáme, že průtočné profily a rychlosti se budou spojitě měnit z hodnot  $A_i$ ,  $v_i$  v horním profilu na hodnoty v dolním profilu  $A_{i+1}$ ,  $v_{i+1}$ , při průměrném sklonu dna daného úseku  $i_{0j}$  a celkové ztrátě energie  $h_{zj}$  podle následujících vzorců, právě z Bernoulliho rovnice. Rozdíl hladin úseku  $j$  dále označme  $\Delta h_j$ .

$$i_{0j} \Delta L_j + h_i + \frac{\alpha v_i^2}{2g} + h_{zj}, \quad (10)$$

$$\Delta h_j = \frac{\alpha(v_{i+1}^2 - v_i^2)}{2g} + h_{zj}, \quad (11)$$

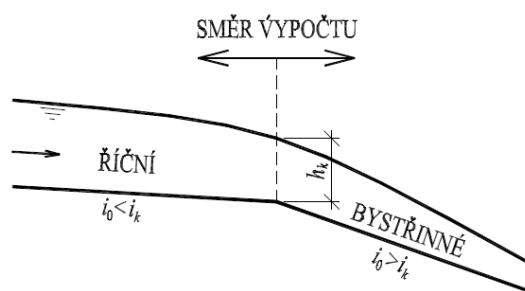
kde  $\alpha$  je Coriolisovo číslo, které předpokládáme konstantní na celém úseku a  $g$  tíhové zrychlení dle daného prostředí a podmínek.



Obr. 4 Konkrétní případ výpočtu nerovnoměrného proudění metodou po úsecích

U konkrétního případu je nutné začít vždy v profilu, u kterého známe hloubku vody. Hloubka vody slouží jako okrajová podmínka. Postup při výpočtu je pak při říčním proudění ze známé hloubky vody proti proudu, kde okrajová podmínka je hloubka vody v dolním

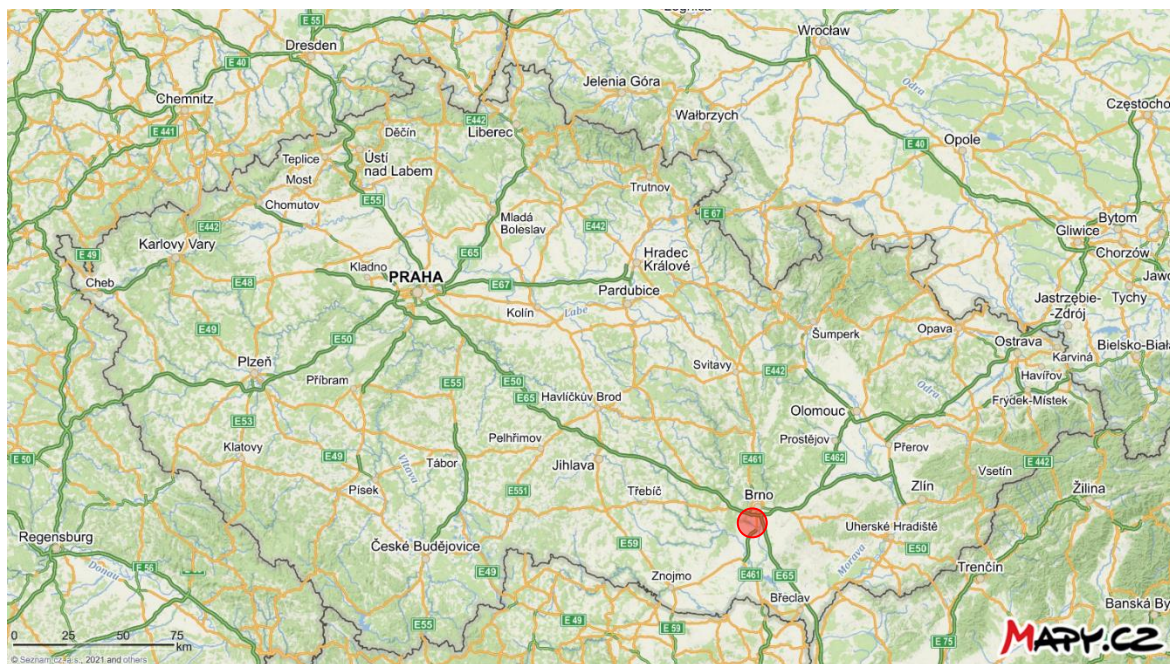
profilu. V případě bystrinného proudění postupujeme po proudu vody, kde okrajovou podmínkou je kritická hloubka  $h_k$  v horním profilu (Obr. 5). [1]



Obr. 5 Směr výpočtu při konkrétním případě metody po úsecích

## 5. Zájmová lokalita

Vybraná lokalita se nachází asi 9 km vzdušnou čarou od města Brna, druhého největšího města České republiky. Z velké části je lokalita situována v katastrálním území (KÚ) obce Želešice (Obr. 6), která se rozkládá na výměře 9,96 km<sup>2</sup>. První zmínka o obci pochází z roku 1228. K 1. 1. 2020 zde žilo 1792 obyvatel. Želešice leží v nadmořské výšce 210 m n. m. a protéká jí již dříve zmíněná říčka Bobrava, která je hlavním předmětem práce. Obcí prochází silnice II/152, která je také křížena říčkou Bobravou. [7,8,9]

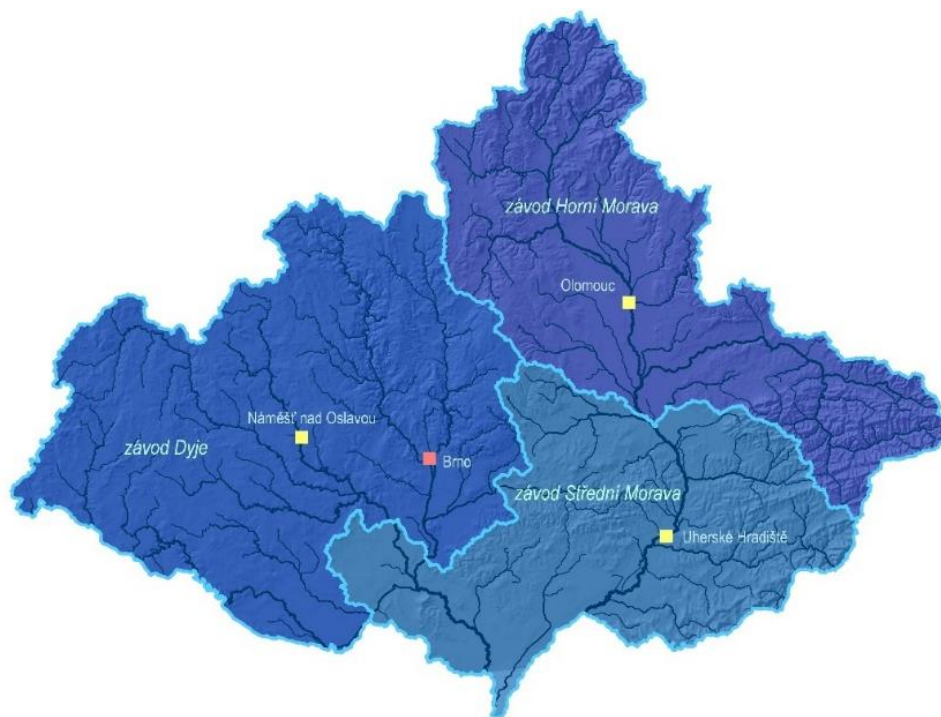


Obr. 6 Poloha zájmové lokality označena červeným kruhem mapě České republiky [10]

### 5.1. Popis povodí toku

Tok říčky Bobravy spadá do povodí Moravy, které je jedním z významných povodí v České republice. Do povodí Moravy spadá na území České republiky 20 692,4 km<sup>2</sup>, což je bezmála 80 % z celkové rozlohy povodí. Jedná se o povodí 2. řádu, které je součástí povodí Dunaje, které se vlévá do Černého moře, a dále do Atlantského oceánu. [11]

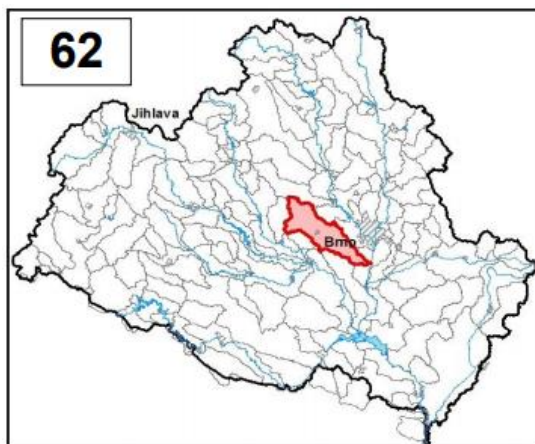
Povodí Moravy se rozděluje na tři závody, jmenovitě závod Dyje, závod Horní Morava a závod Střední Morava (Obr. 7). Bobrava spadá do závodu Dyje, které se rozléhá na území 8 923 km<sup>2</sup> na území čtyř českých krajů. Jedná se o kraj Jihomoravský, kraj Vysočina, Jihočeský kraj a kraj Pardubický. Pod závod Dyje spadá 4 723 km vodních toků, 14 přehrad, 78 jezů, 74 malých vodních nádrží a 211 km ochranných hrází. Jedno z povodí spadajících do závodu Dyje je zároveň povodím zájmové lokality – povodí říčky Bobravy (Obr. 8). [12]



Obr. 7 Rozdělení povodí Moravy do tří závodů [14]

Charakteristika vodního útvaru Bobrava po ústí do toku Svatka:

- Pracovní číslo vodního útvaru: D062
- Plocha povodí: 185,74 km<sup>2</sup>
- Délka pátečního toku: 36,5 km
- Kategorie: řeka
- ID: 41553000.
- Hydrologické pořadí: 4-15-03-002
- Řád Strahlera: 4 [13]



Obr. 8 Charakteristika vodního útvaru [13]



## 5.2. Popis toku

Bobrava je pravostranný přítok řeky Svatky, do které se vlévá nedaleko zájmové lokality. Říčka byla pojmenována podle skutečnosti výskytu bobrů v této lokalitě. Pramení v nadmořské výšce okolo 500 m n. m. v lesích poblíž obce Domašov. Mezi významné přítoky Bobravy jsou z levé strany Říčanský a Troubský potok a z pravé strany jsou to toky Bílá voda a Habřina. [15]

Celá zájmová lokalita se rozkládá na úseku od říčního (ř.) km 1,700 až do ř. km 5,500. Lokalitu dále dělím na několik částí na základě změny prostředí toku. Od začátku zájmové lokality v ř. km 1,700 do ř. km 2,200 je tok veden přirozenou trasou střídající přirozeně meandrující koryto. Další částí od ř. km 2,200 do km 3,600 je tok veden stále přirozenou trasou, ale navíc se zde vyskytují na březích různé porosty. Od km 3,600 do 4,900 je tok veden intravilánem obce Želešice bez zásahů do trasy toku. Poté je od ř. km 4,900 do ř. km 5,500 neudržován a ponechán v přirozené trase, která není nijak upravena a koryto je zde neudržováno.

V ř. km 1,700 až ř. km 2,200 je tok udržovaný a očištěný od drobných dřevin a keřů. Šířka kynety je zde asi 2 metry a svahy kynety jsou upraveny jednou řadou kamenných prefabrikátů. Dřeviny jsou zde méně časté než v následující části. Převažuje zde zatravněný břeh (Obr. 9). Vyskytuje se zde jeden objekt na toku – lávka pro pěší – ř. km 1,964 (Obr. 16).



Obr. 9 Část toku od ř. km 1,700 do ř. km 2,000 s lávkou pro pěší – km 1,964 [E]

Ve druhé části toku od ř. km 2,200 do ř. km 3,600 je tok porostlý drobnými dřevinami a keři, které v mnoha případech zasahují do toku. Kamenné prefabrikáty se zde mění v kamenný pohoz, který je místy podpořen betonovými dílci v prostoru zahrad místních občanů (Obr. 10). Kyneta toku je se zde pozvolna zvětšuje na šířku asi 3 metry a střídají se zde přímé úseky a oblouky. Prostředí toku se nemění v celé části až k intravilánu obce Želešice (Obr. 11). V této části se vyskytuje lávka, která není zavedená v objektech na toku, protože je pravděpodobně použita pro vlastní užití místních obyvatel.



*Obr. 10 Opevnění břehů koryta v ř. km 2,200 až ř. km 3,600 [E]*



*Obr. 11 Část od ř. km 2,200 do ř. km 3,600 [E]*



V další části od ř. km 3,600 do ř. km 4,900 mluvíme o intravilánu obce Želešice, kde je tok upravený v celé své délce. Na začátku této části je limnigrafická stanice s vodočetnou latí (Obr. 27). Místy se na březích toku vyskytují dřeviny. Břeh je zde v okolí objektů řešen pomocí kamenné dlažby v cementové maltě (Obr. 12), případně prostým betonem jako je tomu u spádového stupně v km 4,586 (Obr. 21). Vyskytuje se zde pět objektů, z toho dva silniční mosty, tři lávky pro pěší a již dříve zmíněný spádový stupeň (kapitola 5.3).



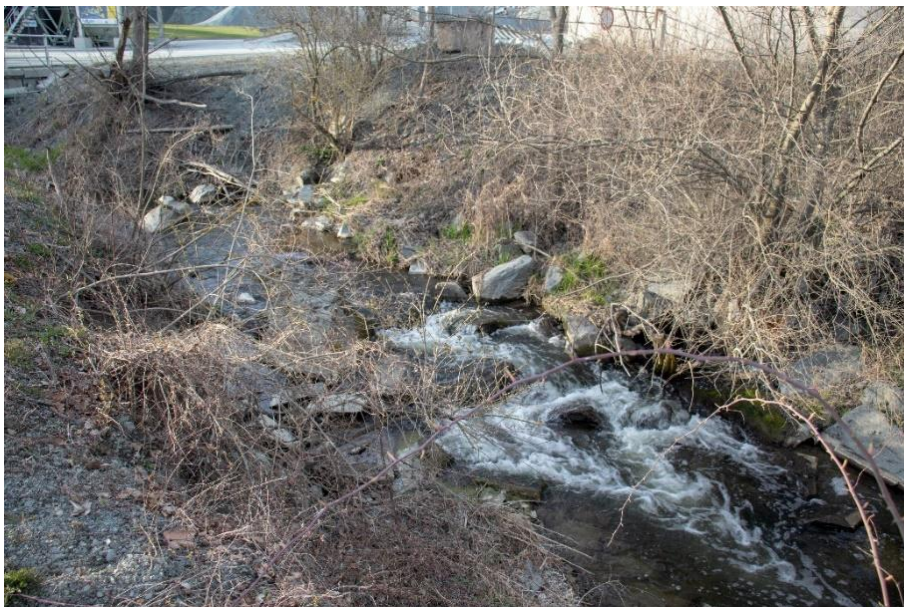
*Obr. 12 Pohled na kamennou dlažbu v cementové maltě v místech objektů v intravilánu [E]*



*Obr. 13 Opevněné koryto v intravilánu obce v ř. km 3,600 do ř. km 4,900 [E]*



Od úseku ř. km 4,900 do ř. km 5,500 následuje meandrující tok, ve kterém je mnoho nánosů dřevin a kamenů z nedalekého kamenolomu (Obr. 14). V toku se vyskytuje prach z průmyslové výroby kamene. V kynetě toku, která má proměnlivou šířku, se v ní vyskytují balvany (Obr. 15). V tomto úseku se vyskytují dva objekty. Lávka pro pěší a most v areálu kamenolomu, o kterých nevíme bližší informace. V úseku se nachází také křížení se sloupy vysokého napětí.



*Obr. 14 Nánosy dřevin nedaleko kamenolomu v úseku ř. km 4,900 až ř. km 5,500 [E]*



*Obr. 15 Balvany vyskytující se v kynetě toku v ř. km 4,900 až ř. km 5,500 [E]*



### 5.3. Objekty v zájmové lokalitě toku

V řešené lokalitě se nachází několik objektů. Převážně jde o lávky pro pěší, které slouží k přechodu cyklostezky přes koryto toku a v dalších případech v intravilánu obce pro občany obce Želešice. Dále se v lokalitě nachází několik mostů a jeden spádový stupeň. Všechny objekty jsou shrnuty v následující tabulce:

Tab. 1 - Objekty na toku

Staničení [km]	Označení [-]	Popis objektu [-]
1,964	L1	lávka pro pěší
3,916	M1	silniční most – ulice 1. máje
4,276	M2	silniční most – silnice II/152
4,284	L2	lávka pro pěší
4,551	L3	lávka pro pěší
4,586	S1	spádový stupeň
4,868	L4	lávka pro pěší
5,742	L5	lávka pro pěší
5,852	M3	silniční most – kamenolom

Prvním objektem v zájmové lokalitě je lávka pro pěší L1 v ř. km 1,964, která slouží k propojení průmyslové zóny patřící k obci Modřice. Lávka je kovové konstrukce s výškou mostovky 0,4 metrů a šířkou mostovky 2,0 metrů osazena na břehy koryta. Lávka je opatřena bezpečnostním zábradlím výšky asi 1 metr (Obr. 16). [C, s.31]



Obr. 16 Lávka pro pěší L1 v ř. km 1,964 [E]

Dalším objektem na toku je silniční most M1 na ulici 1. Máje, po kterém vede silnice II. třídy do průmyslové zóny obce v ř. km 3,916 (Obr. 17). Most je situovaný vedle soutoku Hájenského potoka a říčky Bobravy. Je osazen na dvou podpěrných stěnách. Šířka mostovky je 13,0 metrů a výška je 1,0 metr. Na mostu je osazen hlásný profil kategorie C, kterým se zabývá kapitola 5.5. [C]



*Obr. 17 Silniční most M1 ulice 1. Máje v ř. km 3,916 [E]*



Třetím objektem na toku je frekventovaný most II/152 M2, vedoucí z Nové Bystřice v Jihočeském kraji přes kraj Vysočina do blízkosti Brna v Jihomoravském kraji, kde se také nachází zájmová lokalita. Most se nachází v ř. km 4,276. Kvůli velkému zatížení je železobetonová (ŽB) mostovka výšky 1,2 metru a šířky 11,0 metrů (Obr. 18). K mostu je přidruženo potrubí DN 500, a z druhé strany je kvůli bezpečnosti chodců v těsné blízkosti také ŽB lávka pro pěší L2 v ř. km 4,284 s výškou mostovky 0,3 metru a šířkou 2,5 metru (Obr. 19).



*Obr. 18 Most II/152 M2 s přidruženým potrubím DN 500 v ř. km 4,276 [E]*



*Obr. 19 ŽB lávka pro pěší L2 v ř. km 4,284 [E]*



Následuje lávka pro pěší L3, která je z kovové konstrukce v ř. km 4,551. Mostovka lávky má výšku 0,3 metrů a šířku 1,3 metru (Obr. 20). Lávka slouží jako komunikace pro pěší v obci Želešice. [C]



*Obr. 20 Kovová lávka pro pěší L3 v ř. km 4,551 [E]*

Spádový stupeň S1 se nachází v ř. km 4,586. Jedná se o ŽB spádový stupeň s šikmou přelivnou plochou a vývarem, který má boční stěny tvořeny taktéž ŽB monolitickou konstrukcí (Obr. 21). Výška spádového stupně je 1,77 metrů.



*Obr. 21 Spádový stupeň S1 v ř. km 4,586 [E]*



Posledním objektem v intravilánu obce je kovová lávka pro pěší L4 v ř. km 4,868. Jedná se o krátkou lávku, která zužuje koryto říčky Bobravy kvůli opěrným zdím, které lávku nesou. Mostovka je zde 0,3 metrů vysoká a 1,6 metrů široká (Obr. 22). [C]



*Obr. 22 Kovová lávka pro pěší L4 v ř. km 4,868 [E]*

Dalším objektem na toku je lávka pro pěší L5 v ř. km 5,742. Rozměry mostovky byli odhadnuty i se zábradlím na výšku mostovky 2,5 metrů a šířku 2,0 metry. Lávka je konstruována ze dřeva (Obr. 23).



*Obr. 23 Dřevěná lávka pro pěší L5 v ř. km 5,742 [E]*

Posledním objektem v zájmové lokalitě je most M3, propojující břehy v místě zdejšího kamenolomu. Jedná se o silniční most v přibližně ř. km 5.852 s šířkou mostovky 10,0 metrů a výškou mostovky 1,2 metrů. Rozměry jsou taktéž odhadnuty (Obr. 24).



*Obr. 24 Silniční most u kamenolomu M3 v ř.km 5,852 [E]*

#### **5.4. Popis okolí toku**

V ř. km 1,700 do ř. km 3,600 se nachází průmyslová oblast, která leží v KÚ obce Modřice. Oblast je situována na levém břehu říčky Bobravy. Za průmyslovou oblastí se nachází orná půda vhodná pro realizaci rozlivů (Obr. 25). Rozhraní průmyslové zóny a orné půdy není nijak výškově odděleno. Při povodňové aktivitě tedy může nastat záplava této průmyslové zóny kvůli absenci jakékoli ochrany (Obr. 26). Na pravém břehu se nachází naučná cyklotrasa Přírodním parkem Bobrava se samotným přírodním parkem Bobrava a dalšími přírodními památkami (kapitola 5.8).





*Obr. 25 Orná půda vhodná pro realizaci rozlivů v ř. km 1,700 až ř. km 3,600 [E]*



*Obr. 26 Rozhraní průmyslové zóny a orné půdy v ř. km 1,700 do ř. km 3,600 [E]*

V druhém úseku v intravilánu pokračuje cyklotrasa, která se rozpíná podél toku říčky Bobravy. Kolem toku v intravilánu jsou také obydlí občanů obce Želešice. Část zastavěné oblasti je zde situována v záplavové oblasti Bobravy. Jsou zde také plochy orné půdy, které lze využít k rozlivům při povodňové aktivitě.

V posledním řešeném úseku se nachází množství dřevin a keřů. Koryto zde není udržováno tak, jako je tomu v předchozích dvou zmiňovaných úsecích. Na konci úseku se rozkládá kamenolom společnosti KÁMEN Zbraslav, a.s.

## 5.5. Hydrologické údaje

V zájmové lokalitě se vyskytují dva hlásné profily kategorie C. Oba profily jsou v KÚ obce Želešice. První hlásný profil proti směru toku přibližně v ř. km 3,650 je limnigrafická stanice s vodočetnou latí. Druhý hlásný profil v ř. km 3,750 je osazený na mostě v ulici 1. Máje a jedná se o hladinoměr s automatickým zasíláním dat. Z hlásných profilů nebyly zjištěny údaje o  $N$ -letých ani  $m$ -denních průtocích. [18]

První hlásný profil – limnigrafická stanice, není podle evidenčního listu osazena vodočetnou latí, ačkoliv vodočetná lať zde je instalována (Obr. 27). Nejsou zde naměřeny  $N$ -leté ani  $m$ -denní průtoky a data se nikam nepřenáší. V evidenčním listu jsou určeny stupně povodňové aktivity s odpovídajícími průtoky informace o počtu hlášení dle aktuální situace (Obr. 28).



Obr. 27 Limnigrafická stanice osazena vodočetnou latí v přibližně ř. km 3,650 [E]



Evidenční list pomocného hlásného profilu kategorie „C“

Tok: <b>Bobrava</b>		Obec: <b>Želešice</b>	
ORP: <b>Šlapanice</b>		Kraj: <b>Jihomoravský</b>	
Provozovatel: <b>Obec Želešice</b>			
Popis umístění hlásného profilu: <b>tok Bobrava - Želešice - Stanice v ulici Družstevní</b>			
Souřadnice: <b>49°6'51.294"N, 16°34'56.557"E</b>			
Nejvyšší zaznamenané vodní stavy v cm:		Datum (den, měsíc, rok):	
Vodoměrná stanice: <b>NE</b>		Vodočetná lať: <b>NE</b>	
Přenos dat: <b>NE</b>		Data dostupná na:	
Přijemci varovných SMS:			
Stupně povodňové aktivity	cm	m <sup>3</sup> /s	
I. bdělost	150	6,7	
II. pohotovost	200	12,3	
III. ohrožení	240	18	
Četnost hlášení SPA			
I.	minimálně 2x denně		
II.	3x denně		
III.	po 3 hodinách		
Jedná se o minimální četnost hlášení, dle aktuální situace lze hlášení provádět častěji. Informace o vývoji stavu hladiny v hlásném profilu předává povodňová komise obce Želešice povodňovým orgánům ORP Šlapanice a obce Modřice, Popovice.			

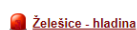
Obr. 28 Výstřižek evidenčního listu limnigrafické stanice [26]

Druhý hlásný profil – hladinoměr osazený na mostě v ř. km 3,916 v ulici 1. Máje je hladinoměr, který automaticky zasílá data na portál, který spravuje společnost VOP Dolní Bousov, spol. s r. o., Tovární ul., 294 04 Dolní Bousov (Obr. 29). Zmíněná společnost spravuje oba hlásné profily. Naměřená data jsou veřejně dostupná v grafu na portále společnosti (Obr. 30). Na hlásném profilu nejsou naměřeny *N*-leté ani *m*-denní průtoky. V evidenčním listu jsou určeny stupně povodňové aktivity s odpovídajícími průtoky a informace o počtu hlášení dle aktuální situace (Obr. 31).



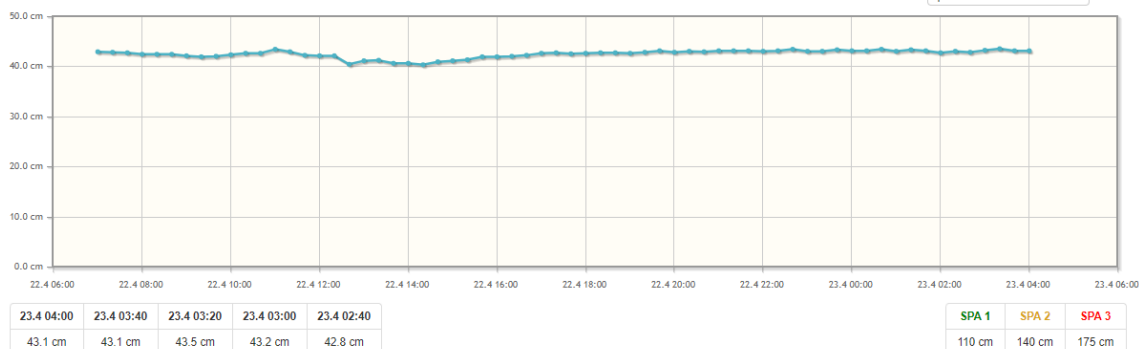
Obr. 29 Hlásný profil kategorie C – hladinoměr na mostě v ř. km 3,916 [E]

# Aktuální stav



Poslední data: 43.1 cm (23.4.2021 04:00)

posledních 24 hodin ↺



Obr. 30 Aktuální naměřená data na hlásném profilu kategorie C – hladinoměr [25]

## Evidenční list pomocného hlásného profilu kategorie „C“

Tok: <b>Bobrava</b>	Obec: <b>Želešice</b>	
ORP: <b>Šlapanice</b>	Kraj: <b>Jihomoravský</b>	
Provozovatel: <b>Obec Želešice</b>		
Popis umístění hlásného profilu: <b>tok Bobrava – most v ulici Družstevní</b>		
Souřadnice: <b>49°6'54.709"N, 16°34'51.978"E</b>		
Nejvyšší zaznamenané vodní stavy v cm:	Datum (den, měsíc, rok):	
Vodoměrná stanice: <b>ANO</b>	Vodočetná lat': <b>NE</b>	
Přenos dat: <b>ANO</b>	Data dostupná na: <a href="https://www.povodnovyportal.cz/admin/cidla/detail/93">https://www.povodnovyportal.cz/admin/cidla/detail/93</a>	
Přijemci varovných SMS: <b>starosta, místostarosta Želešice</b>		
Stupně povodňové aktivity	cm	m³/s
I. bdělost	110	
II. pohotovost	140	
III. ohrožení	175	
Četnost hlášení SPA		
I.	minimálně 2x denně	
II.	3x denně	
III.	po 3 hodinách	
Jedná se o minimální četnost hlášení, dle aktuální situace lze hlášení provádět častěji. Informace o vývoji stavu hladiny v hlásném profilu předává povodňová komise obce Želešice povodňovým orgánům ORP Šlapanice a obce Modřice, Popovice.		

Obr. 31 Výstřížek evidenčního listu hladinoměru na mostě v ulici 1. Máje [27]

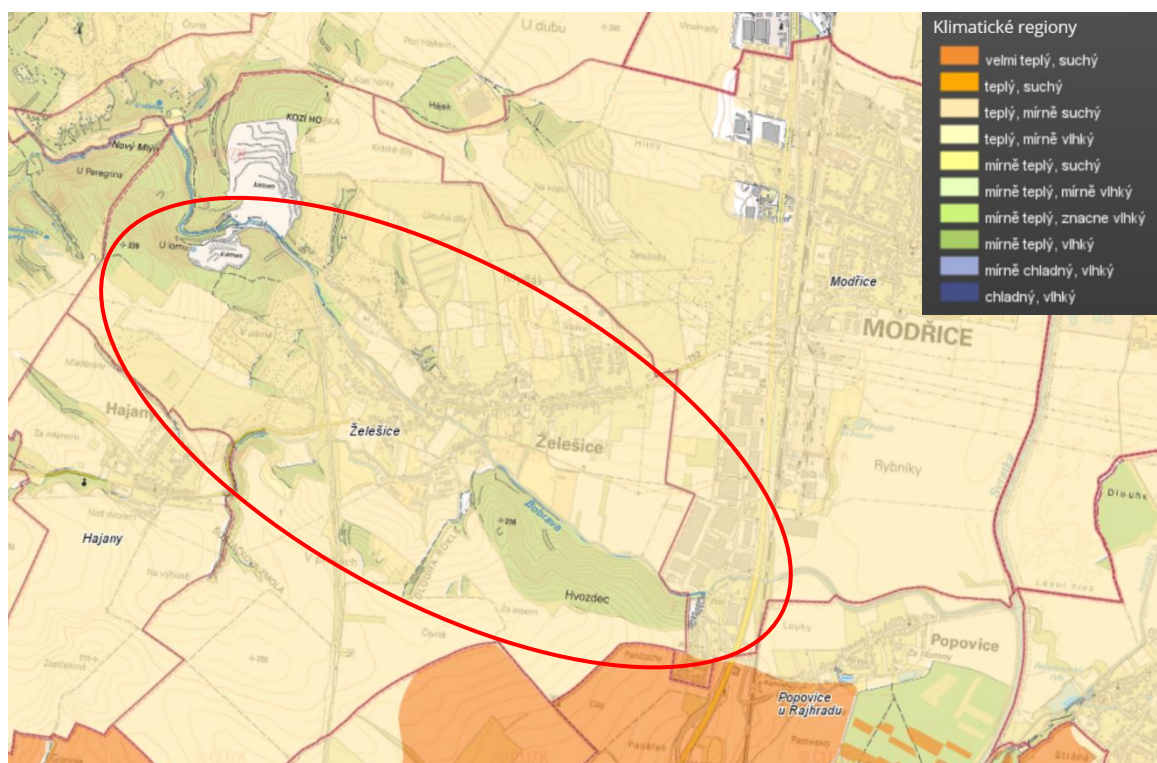
Údaje o *N*-letých jsou převzaty z dat povodňového plánu obce Tetčice, který se nachází výše na toku říčky Bobravy. Uvažujeme tedy, že naměřené údaje jsou zatíženy chybou vlivem geografické nepřesnosti. Naměřené údaje jsou pouze orientační a mohou se v průběhu let měnit. Průtoky jsou měřené v místě ČOV po silnici II/394 a Tetčického potoka a jsou uvedeny v následující tabulce. Údaje jsou použity pro výpočet a posouzení celé práce.

Tab. 2 – *N*-letý maximální průtok významného vodního toku Bobrava (m³·s⁻¹) [D]

	Profil	Q1	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
Bobrava	řkm 0,9	4,6	7,8	13,5	19	25	35,5	45,5

## 5.6. Klimatické údaje

Zájmová lokalita se rozpíná na pomezí dvou klimatických regionů Modřic a Želešic. Podle mapy klimatických regionů (Obr. 32) se lokalita řadí do klimatického regionu teplý, mírně suchý. Průměrná teplota v regionu se pohybuje mezi 8 až 10 °C a průměrný roční úhrn srážek v milimetrech je zde 500 až 600 mm (Tab. 3).



Obr. 32 Mapa klimatických regionů v zájmové lokalitě M 1:20 000 [19]

Tab. 3 - Charakteristika klimatických regionů

Kód regionu	Symbol regionu	Charakteristika regionu	Suma teplot nad 10°C	Průměrná roční teplota °C	Průměrný roční úhrn srážek v mm	Pravděpodobnost suchých vegetačních období v %	Vláhová jistota ve vegetačním období
0	VT	velmi teplý, suchý	2800-3100	9-10	500-600	30-50	0-3
1	T 1	teplý, suchý	2600-2800	8-9	< 500	40-60	0-2
2	T 2	teplý, mírně suchý	2600-2800	8-10	500-600	20-30	2-4
3	T 3	teplý, mírně vlhký	2500-2800	(7)8-9	550-650	10-20	4-7
4	MT 1	mírně teplý, suchý	2400-2600	7-8,5	450-550	30-40	0-4

Kód regionu	Symbol regionu	Charakteristika regionu	Suma teplot nad 10°C	Průměrná roční teplota °C	Průměrný roční úhrn srážek v mm	Pravděpodobnost suchých vegetačních období v %	Vláhová jistota ve vegetačním období
5	MT 2	mírně teplý, mírně vlhký	2200-2500	7-8	550-650	15-30	4-10
6	MT 3	mírně teplý (až teplý) vlhký	2500-2700	7,5-8-5	700-900	0-10	> 10
7	MT 4	mírně teplý, vlhký	2200-2400	6-7	650-750	5-15	> 10
8	MCH	mírně chladný, vlhký	2000-2200	5-6	700-800	0-5	> 10
9	CH	chladný, vlhký	< 2000	< 5	> 800	0	> 10

## 5.7. Geologické a pedologické údaje

V zájmové lokalitě tvoří skalní podloží vyvřeliny brněnského masívu. Jmenovitě jde o zastoupení biotitického granodioritu, který se střídá z velké části s amfibolem a plagioklasem. Místy se objevuje také magnetit a malé množství křemene. [21]

Niva říčky Bobravy je složena z fluvialních hlinitopísčitých sedimentů – fluvizemě, místy štěrkovitých sedimentů. Dále od toku mimo nivu říčky jsou zastoupeny spraše a sprašové hlíny. Převážně se tu vyskytují černozemě a hnědozemě na základě kyselých vyvřelých hornin, ale jsou zde zastoupeny i kambizemě, které zahrnují převážně půdy založené na pevných horninách (Obr. 33). [20]





Obr. 33 Mapa skupin půdních typů v zájmové lokalitě M 1:20 000 [19]

## 5.8. Životní prostředí

V okolí řešené lokality se na pravém břehu toku nachází přírodní park Bobrava, kterým prochází také již dříve zmiňovaná cyklotrasa Bobrava, která je střední náročnosti a přednostně určena pro kola trekingové kategorie. [17]

Přírodní park je chráněné území, které se rozpíná na ploše 30,9 km<sup>2</sup>. Jedná se především o zalesněné území, které má průměrnou výšku 400 m n. m. a nejvyšší vrcholy dosahují okolo 460 m n. m. V parku hnízdí bez mála 100 druhů ptáků, z nichž například jestřáb lesní, čáp černý nebo datel černý. Žijí zde také lesní savci, mezi které se řadí například liška obecná a kuna lesní. Jsou zde také vhodná prostředí pro rozmnožování obojživelníků, výhradně ropuchy obecné. Ze jmenovaných přírodních památek zde najdeme Střelický les, který je výskytem rostliny třemdavy bílé a Střelická bažinka, která je chráněna kvůli společenstvům slatinné louky. [16]

Neblahý vliv měla na Střelickou bažinku tehdejší havárie ventilu ropovodu, který prochází právě územím místní přírodní památky. K havárii došlo v úterý 5. ledna 1993. Pro okres se jednalo o velkou havárii, která podle odhadu s. p. Benzina čítala únik přes 25 000 litrů ropy. Na situaci upozornil místní občan. [22]

## **6. Hydraulické výpočty**

### **6.1. Program HEC-RAS**

HEC-RAS je počítačový program vyvíjen inženýry Spojených států Amerických (USACE) pro správu toků a objektů na nich. První verze je dostupná od roku 1995 a dnes je program volně dostupný na oficiálních stránkách této organizace. Program je vyvíjen především pro 1D modelování hydraulických výpočtů přirozených vodních tras nebo konstruovaných kanálů. Počítá jak ustálené, tak neustálené proudění v otevřených korytech. V dnešní době je v programu implementována i možnost simulace v 2D. Dalšími funkcemi programu je výpočet transportu sedimentů či splavenin a analýza kvality vody. Je používán především pro možnost transportu dat do ostatních programů. [23, 24]

### **6.2. Popis výpočtu v programu HEC-RAS**

Pro účely bakalářské práce byl pro výpočet hydrauliky použit 1D model ustáleného nerovnoměrného proudění o volné hladině. Pro samotný hydraulický výpočet je v programu nutné zadat geometrická data (kapitola 6.3) a okrajové podmínky (kapitola 0), které jsou popsány v následujících kapitolách. Výpočet je proveden v programu verze 5.0.7.

### **6.3. Model zájmové lokality – geometrická data**

#### *6.3.1. Příčné profily*

Příčné profily byly převzaty z podkladu A, ve kterém je 177 příčných profilů říčky Bobravy. Pro model bylo použito 61 profilů z tohoto podkladu. Ostatní profily se nacházejí mimo řešený úsek. Pro co nejvěrnější výpočet ustáleného proudění jsou v modelu zařazeny i profily nad a pod řešeným úsekem vždy přibližně 2 kilometry od pomyslné hranice.

#### *6.3.2. Objekty na toku*

V zájmové lokalitě se nachází 9 objektů. Z toho jsou v zájmové lokalitě 3 mosty a 6 lávek pro pěší. Zaměření všech objektů je neúplné. Data jsou zadávána z příčných profilů [A], případně z podkladu diplomové práce [C] v kombinaci s místní pochůzkou. Kilometráž a rozměry některých objektů jsou přibližné kvůli absenci objektů v podkladech [A]. Přibližné vzdálenosti jsem určil pomocí měření vzdálenosti z ortofoto mapy [H] nebo odhadů z fotodokumentace [E].

### 6.3.3. Součinitel drsnosti $n$

Manningův součinitel  $n$ , který je použit v modelování zájmové lokality, je jeden z nejdůležitějších parametrů výpočtu průběhu hladiny. V součiniteli se skrývá spousta neznámých, které se na toku mohou vyskytovat a jakékoli milné určení součinitele o zdánlivě malý díl, může znamenat nesprávný výsledek. Přiblížit se realitě je tedy velice obtížné a určení součinitele stojí na dlouholeté praxi.

Odhad součinitelů  $n$ , které jsou použity ve výpočtu jsou sjednoceny v následující tabulce:

Tab. 4 – Součinitel drsnosti  $n$  použit v modelu

popis části profilu (-)	hodnota součinitele drsnosti $n$ (-)
dno kynety	0,052
betonové zdi mostů	0,015
spádový stupeň	0,015
svahy kynety	0,100
okolí koryta toku	0,100

### 6.4. Okrajové podmínky modelu

Okrajové podmínky pro výpočet modelu jsou  $N$ -leté průtoky, které byly popsány výše (kapitola 5.5). Další podmínkou je sklon koryta  $i$  ve spodní části zájmové lokality, který je stanoven výpočtem na 0,1193 % a zadán do programu HEC-RAS (Obr. 34).

Set boundary for all profiles | Set boundary for one profile at a time

Available External Boundary Condition Types

Known W.S. | Critical Depth | Normal Depth | Rating Curve | Delete

Selected Boundary Condition Locations and Types

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Bobrava	usek1	all		Junction=bod1
Bobrava	usek2	all	Junction=bod1	Junction=bod2
Bobrava	nove	all	Junction=bod1	Junction=bod2
Bobrava	usek3	all	Junction=bod2	Normal Depth S = 0.001193

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): |# | Reach Boundary Conditions ...

Locations of Flow Data Changes

River: Bobrava | Add Multiple...

Reach: usek1 | River Sta.: 7.0580 | Add A Flow Change Location

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates			
River	Reach	RS	Q1	Q5	Q20	Q100
1 Bobrava	usek1	7.0580	4.6	13.5	25	45.5
2 Bobrava	usek2	3.0570	4.6	13.5	25	45.5
3 Bobrava	nove	3.1758	4.6	13.5	25	45.5
4 Bobrava	usek3	2.4810	4.6	13.5	25	45.5

Obr. 34 Zadané okrajové podmínky v programu HEC-RAS

## 6.5. Výpočet současné kapacity koryta v programu HEC-RAS

Pro výpočet současné kapacity koryta byly použity podklady z kapitol výše, ve kterých jsou specifikovány okrajové podmínky a geometrická data, se kterými byl proveden výpočet v programu HEC-RAS. Kapacita koryta toku byla počítána bez ovlivnění vzdutím ze soutoku s řekou Svratkou.

V tabulkách v příloze (B.1) jsou zobrazeny výsledky z výpočtu, kde můžeme vidět aktuální výšku vodní hladiny pro průtoky  $Q_1$ ,  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$  v jednotlivých profilech označených staničením. Nedílnou součástí je nadmořská výška dna toku s nadmořskou výškou levého a pravého břehu. Podle výšek břehu jsou hodnoceny případné rozlivy na pravém a levém břehu.

## 6.6. Zhodnocení stávajícího stavu

V příloze (B.1) lze nalézt výšky vodní hladiny různých povodňových průtoků. Situace rozlivů z podkladu [F], která je odlišná od vlastního modelu je k nalezení v příloze (A.3). V následujícím textu je zhodnocen současný stav koryta z vlastního modelu v programu HEC-RAS.

### 6.6.1. Tok a jeho okolí

K prvnímu rozlivu říčky Bobravy v zájmové lokalitě směrem proti směru toku dojde v ř. km 2,000 až 3,500 a to na obou březích toku. V levé části se nachází průmyslová zóna spadající do KÚ obce Modřice. Tato oblast není ochráněna v případě povodňových průtoků  $Q_{100}$  a  $Q_{20}$ . V ř. km 2,500 až 3,500 za průmyslovou zónou je prostor k realizaci rozlivů (Obr. 25), který není výškově oddělen od stávající průmyslové zóny (Obr. 26). Přibližně v ř. km 3,500 se nachází neochráněná stavba místních stavebnin, která je situována na jihovýchodním kraji obce Želešice. Pravá strana říčky Bobravy v ř. km 2,000 až 2,250 je osídlena drobnou zástavbou, kde jsou převážně zahrady místních obyvatel. Za touto oblastí se nachází přírodní park Bobrava, který na pravém břehu blokuje rozlivy strmým stoupáním. Přírodní park se rozkládá v ř. km 2,250 až 3,700 a případné rozlivy zde nezpůsobují škody na majetku.

Dalším místem rozlivu je intravilán obce Želešice. Konkrétně od mostu M1 v ř. km 3,900 až k mostu M2 v ř. km 4,300, kde se jedná o rozliv na obou březích toku v případě povodňového průtoku  $Q_{100}$ . Na levém břehu se vyskytují stavební pozemky občanů obce, na pravé straně je také několik stavebních pozemků, které musí být ochráněny. Za mostem



M2 od ř. km 4,300 se situace nemění. Rozlivy jsou zde na levém břehu realizovány na prostoru, který je zde vyhrazen. Ochrana je zde nutná jen kolem lávky L4 v ř. km 4,850, kde se vyskytuje několik stavebních pozemků. Za těmito pozemky už je dostatek prostoru pro rozlivy, protože se zde nevyskytují žádné objekty, který je nutno ochránit. Na druhé straně se vyskytuje část obce, která se táhne od mostu M2 v ř. km 4,300 až na konec obce přibližně v ř. km 5,200. Zde je ochrana taktéž nutná.

Poslední úsek, kde by mohly rozlivy ovlivnit fungování je kolem ř. km 5,800, kde se nachází silniční most k místnímu kamenolomu, který vzdouvá vodní hladinu nad úroveň výšky koryta toku. Jedná se zde o rozlivy na obou březích pro povodňové průtoky  $Q_{100}$  a  $Q_{20}$ . Dále už případné rozlivy neohrozí okolí toku.

#### *6.6.2. Objekty na toku*

V zájmové lokalitě se celkově nachází 3 mosty a 6 lávek. Objekty jsou podrobněji popsány v kapitole 5.3. V následujících tabulkách (Tab. 5, Tab. 6) jsou popsány objekty na toku a jejich případné vzdutí, a přelití jednotlivých objektů ve vlastním výpočtovém modelu z programu HEC-RAS pro povodňové průtoky  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$ .

Tab. 5 – Vzduť a přelití mostovky při průtoku  $Q_{20}$

Staničení [km]	Označení [-]	Dolní hrana mostovky [m n. m.]	Horní hrana mostovky [m n. m.]	Výška hladiny před mostovkou [m n. m.]	Vzduť hladiny mostovkou [ANO/NE]	Přelití mostovky [ANO/NE]
1,964	L1	196,55	196,95	195,47	NE	NE
3,916	M1	201,42	202,42	201,54	ANO	NE
4,276	M2	202,79	203,99	202,78	ANO	NE
4,284	L2	203,69	203,99	202,77	NE	NE
4,551	L3	203,98	204,28	203,42	ANO	NE
4,868	L4	205,76	206,06	205,60	ANO	NE
5,742	L5	211,30	213,80	211,39	ANO	NE
5,852	M3	213,07	214,27	213,16	ANO	NE

Tab. 6 – Vzduť a přelití mostovky při průtoku  $Q_{100}$

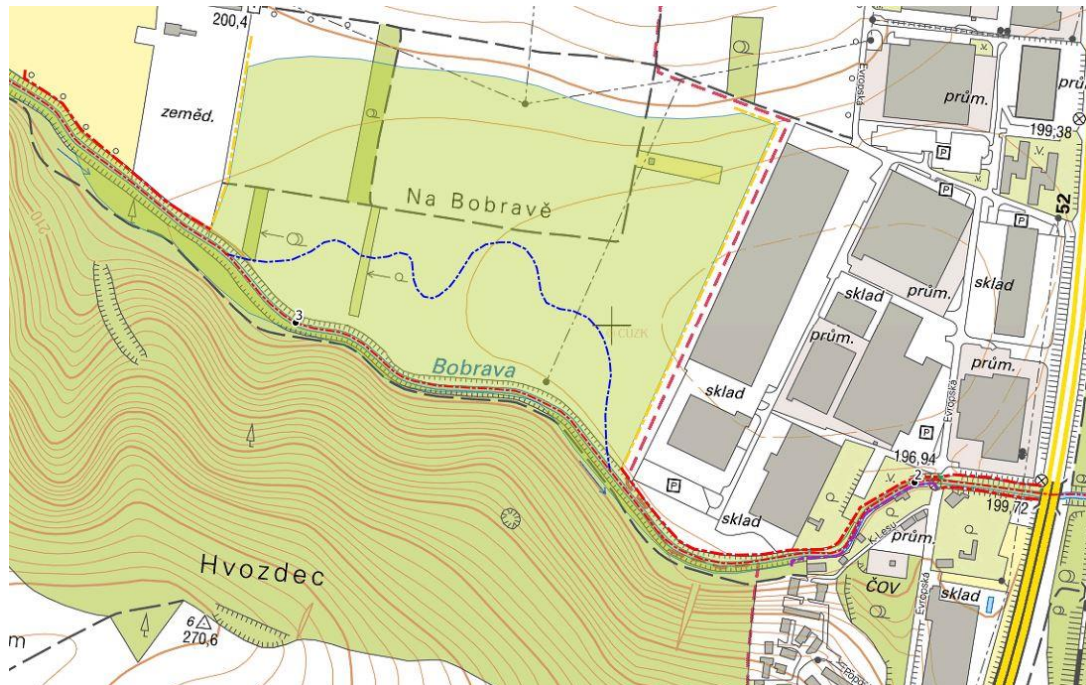
Staničení [km]	Označení [-]	Dolní hrana mostovky [m n. m.]	Horní hrana mostovky [m n. m.]	Výška hladiny před mostovkou [m n. m.]	Vzduť hladiny mostovkou [ANO/NE]	Přelití mostovky [ANO/NE]
1,964	L1	196,55	196,95	196,20	NE	NE
3,916	M1	201,42	202,42	202,35	ANO	NE
4,276	M2	202,79	203,99	203,68	ANO	NE
4,284	L2	203,69	203,99	203,79	ANO	NE
4,551	L3	203,98	204,28	204,41	ANO	ANO
4,868	L4	205,76	206,06	206,38	ANO	ANO
5,742	L5	211,30	213,80	211,77	ANO	NE
5,852	M3	213,07	214,27	213,94	ANO	NE

## 7. Navrhovaná úprava

Zájmová lokalita říčky Bobravy je smysluplně rozdělena na 2 řešené úseky a 1 úsek neřešený. Ke každému řešenému úseku je níže popsána vlastní navrhovaná úprava, která je pro daný úsek vhodná a zabývá se jí tato bakalářská práce. Při vykreslování návrhu bylo postupováno podle metodiky tvorby map [J]. V návrhu je upravena osa toku převzata z podkladu [F]. Návrhový průtok ( $Q_N$ ) byl zde stanoven na  $Q_{100} = 45,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Reálně by se tak vysoké opatření na toku jako je Bobrava nerealizovalo, ale na stranu bezpečnou byl vypracován projekt právě na tento návrhový průtok.

### 7.1. Navrhovaná úprava Ú1 – revitalizace a PBPPO

Proti směru toku první navrženou úpravou je revitalizace a přírodě blízké protipovodňové opatření (PBPPO). V místech malého prostoru jsou použity protipovodňové stěny kvůli nedostatku prostoru. Úprava se rozkládá na části toku od ř. km 1,832 do ř. km 3,768 a jejím cílem je zadržet vodu v krajině nedaleko místního parku Bobrava. V následujícím textu jsou odkazy na projektovou dokumentaci součástí. Celá úprava je vidět na následujícím obrázku:



Obr. 35 Výstřižek situace navrhované úpravy Ú1 – revitalizace a PBPP [F, I]

### *7.1.1. Navýšení stávající hráze v úseku ř. km 1,820 – 1,970 (LB+PB)*

Levobřežní část modelu toku říčky Bobravy, kde se nachází již dříve zmíněné průmyslová zóna spadající do KÚ obce Modřice bude navrhnuo první opatření. Navýšení stávající hráze je zde na obou březích s rezervou dohromady 1 metr, jelikož z podkladu [A] nebylo získáno zaměření objektů, které ovlivňují tuto část úseku. Podle podkladu [F] se zde realizuje rozliv (A.2.). Lávka L1 (Obr. 16), která zde spojuje levý a pravý břeh bude opatřena mobilním hrazením na obou březích kvůli napojení navrhovaného PPO (43Obr. 35 – pravá část).

### *7.1.2. Navýšení stávající hráze v úseku ř. km 1,970 – 2,500 (LB)*

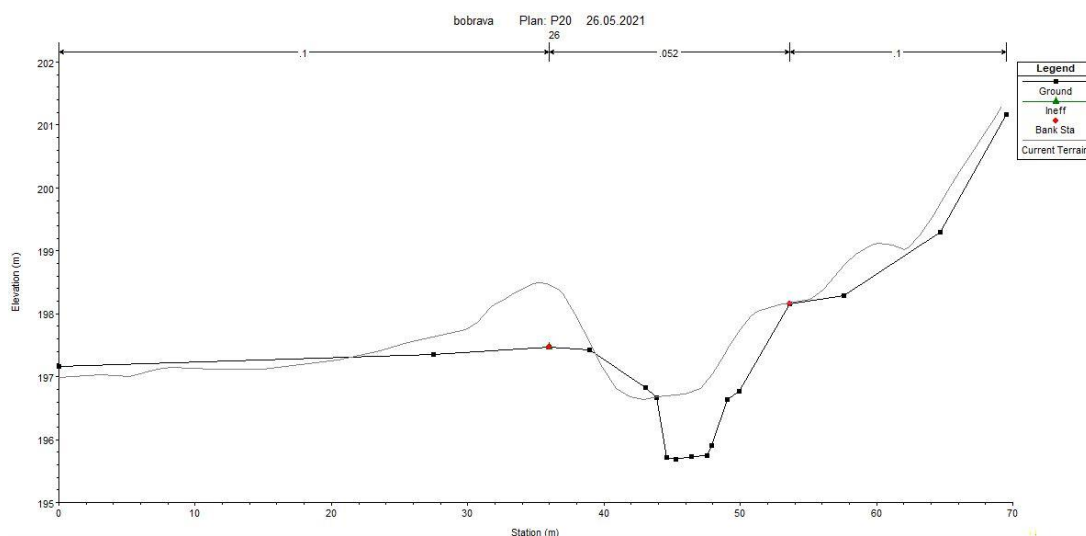
Rozliv povodňového průtoku  $Q_N$  na levém břehu je zde zapříčiněn depresí v současné protipovodňové ochraně (PPO) kolem ř. km 2,250. V tomto místě bylo navrhnuo navýšení stávající hráze o výšku v intervalu 30–40 centimetrů nad povodňovým průtokem  $Q_N = 45,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (A.5.1.). Navýšení hráze se zde táhne až ke konci již dříve zmíněné průmyslové zóně, kde se napojí na ochranný val (Obr. 35 – pravá část) ve tvaru L, který bude začleněn do krajiny (Obr. 36). Rozměry ochranného valu v patách jsou mezi 8–16 metry a vždy je zde převýšení od 30–40 centimetrů nad  $Q_N$  (A.5.2.). Ochranný val se táhne 500 metrů a pak do pravého úhlu podél polní cesty do bezpečné nadmořské výšky.



*Obr. 36 Ilustrační obrázek ochranného valu začleněného do přírody [28]*

### 7.1.3. Revitalizace v úseku ř. km 2,500 – 3,250 (LB)

Revitalizace zde bude zavedena kvůli zpomalení proudění vody v korytě a zadržení vody v krajině. V místě stávající PPO navržené revitalizace bude odstraněno stávající řešení ve formě hráze (Obr. 37). Přebytečný materiál bude použit na navýšení stávajících hrází. Koryto zde bude dimenzováno na odpovídající průtok  $Q_1 = 4,6 \text{ m}^3/\text{s}$  (Obr. 35 – střední část). Stávající korytu bude upraveno a zároveň bude vytvořeno nové koryto pro rozdělení průtoku na dvě části (Obr. 35). Koryto je v kynetě široké 4 metry, ve sklonu 1:2, který se po výšce 1 metru mění na sklon 1:12 (A.6.).



Obr. 37 Odstranění stávající hráze v úseku revitalizace (HEC-RAS)

### 7.1.4. Navýšení stávající hráze v úseku ř. km 3,250 – 3,700 (LB)

Ochranný val v části kolem stavebnin bude navazovat na navýšenou stávající hráz kolem toku. Navýšení je zde taktéž 30–40 centimetrů nad hladinu  $Q_N$ . V mapách je pozemek popsána jako zemědělská zástavba, ve skutečnosti je zde síla firmy Ing. Bohumíra Hauta [31]. Prostor je tedy nutno ochránit na  $Q_N$  (Obr. 35 – levá část).

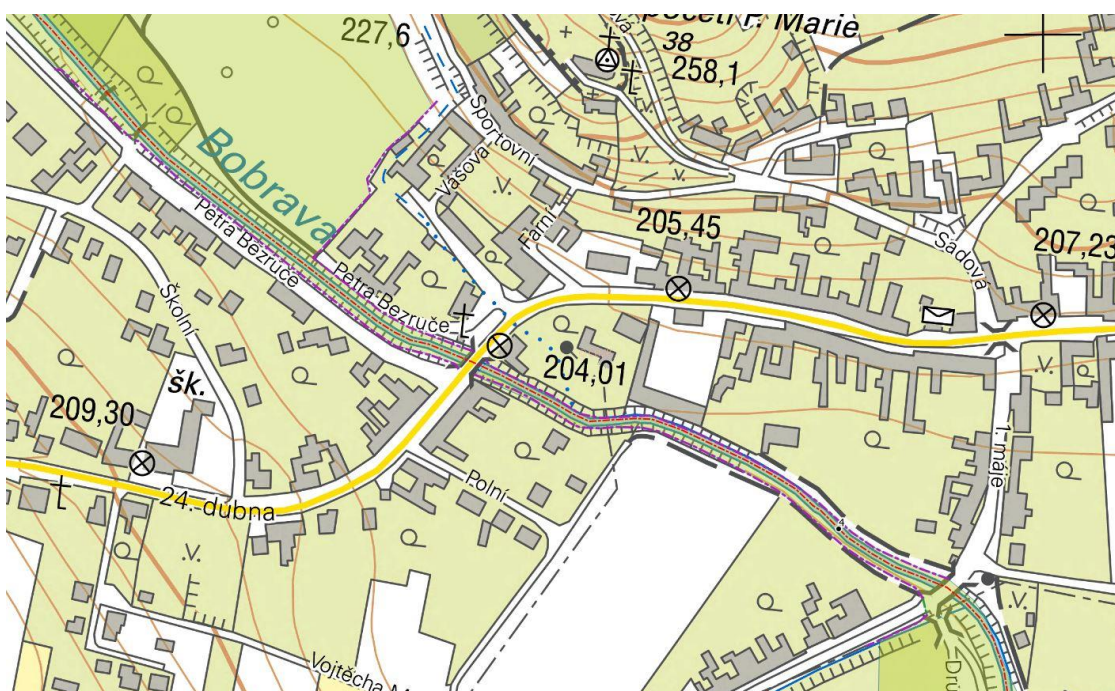
### 7.1.5. PPO ve formě ŽB stěny v úseku ř. km 1,970 – 2,250 (PB)

Napojení je zde v místě lávky L1 na mobilní hrazení jako na levém břehu. V rámci tohoto úseku je navrženo PPO ve formě protipovodňové stěny (Obr. 35 – pravá část). Stěna zde chrání zástavbu spadající do KÚ obce Modřice. Protipovodňová stěna je zde nutná kvůli nedostatku prostoru pro realizaci navýšení hráze v místě mezi stávající zástavbou a korytem toku (A.3.1). Zástavba v určitých místech je tu bezprostředně vedle toku. Navýšení zde navrženo 30-40 centimetrů, přičemž v některých místech dosahuje stěna výšky až 1 metr nad terén (A.5.1.).



## 7.2. Navrhovaná úprava Ú2 – PPO

Druhá navrhovaná úprava je situována v intravilánu obce. Není zde vhodné navrhovat revitalizaci jako v předchozí navrhované úpravě, jelikož zde není dostatek prostoru. Proto zde návrh směřuje k PPO ve formě protipovodňových stěn. Návrh je umístěn mezi ř. km 3,768 až ř. km 4,669. V následujícím textu jsou odkazy na projektovou dokumentaci součástí. Celá úprava je vidět na následujícím obrázku:



Obr. 38 Výstřižek situace navrhované úpravy Ú2 – PPO [F, I]

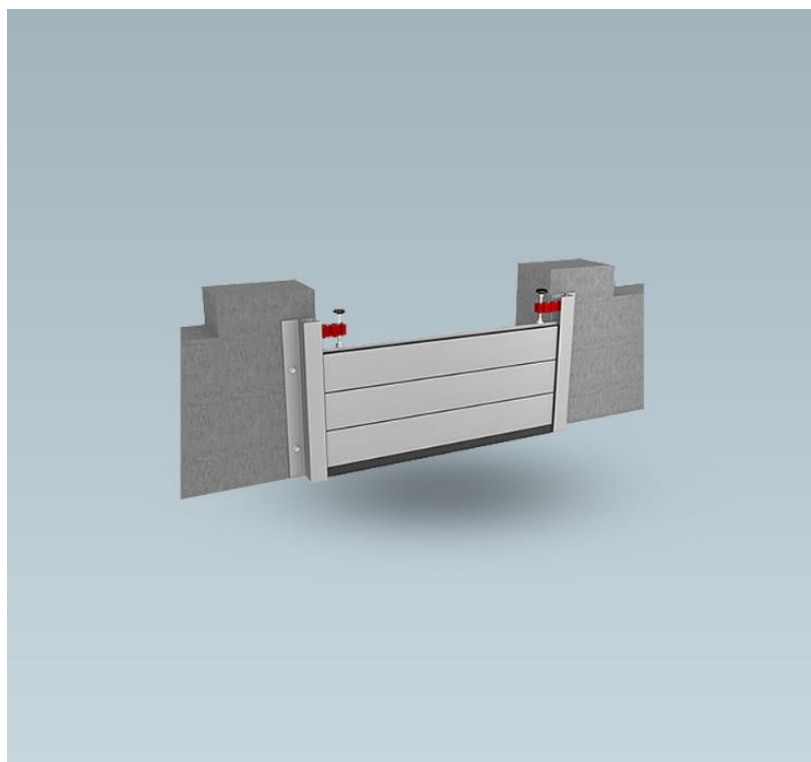
Tato úprava je situována v okolí mostů M1 a M2, kde se nachází zástavba bezprostředně vedle toku a není zde moc prostoru k větším zásahům. Břehy jsou zde vyloženy kameny na sucho, pro rychlejší odvod vody z prostoru, ale toto opatření je nedostatečné. Druhá navrhovaná úprava se tedy zabývá návrhem ochranných protipovodňových stěn, aby se zamezilo rozlivu povodňového průtoku  $Q_{100} = Q_N = 45,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (A.2.).

### 7.2.1. Levobřežní PPO v úseku ř. km 3,900 – 4,420

Proti směru toku začíná navrhovaná úprava za mostem M1, který je prvním bodem rozlivu. Je zde nedostatek prostoru pro manipulaci a realizaci, a proto zde budou navrženy stěny v bezprostřední blízkosti toku a bude se muset zasahovat i do komunikace. Ochrana zde bude 30-40 centimetrů nad  $Q_N$ . Stěna zde bude z ŽB (Obr. 39).



Obr. 39 Ilustrační obrázek ŽB protipovodňové stěny při výstavbě [29]



Obr. 40 Ilustrační obrázek mobilního hrazení v navázání na stěnu [30]

V místě křížení s mostem M2 v ř. km 4,250 bude stěna zavázána do pilíře mostu, jelikož zde nehrozí přelití mostovky, což lze vidět v příloze (A.2.), popřípadě (Tab. 6). Pokračování bude na druhé straně mostu stejným zavázáním. Stěna zde bude stále kopírovat hladinu  $Q_N$  a v ř. km 4,420 se kolmo potáhne asi 120 metrů kolem stávající zástavby až do bezpečné nadmořské výšky (Obr. 38 – horní část).

### *7.2.2. Pravobřežní PPO v úseku ř. km 3,900 – 4,670*

Proti směru toku bude v návrhu řešeno zavázání zdi k nadmořské výšce kolem přítoku Hájenského potoka. Pokračuje pomocí mobilního hrazení před silnicí, za kterou se napojuje zpět na PPO ve formě stěny. Stěna bude 30-40 centimetrů nad  $Q_N$  a dále bude napojena stejným způsobem jako na protějším břehu, zavázáním do pilíře mostu M2. Za mostem se bude muset navrhnout ještě mobilní hrazení v ř. km 4,550, kde je lávka pro pěší L3. Za S1 pak stěna končí, jelikož je zde dostatečná výška komunikace, která dokáže rozliv eliminovat (Obr. 38 - spodní část).



## 8. Hydraulické ověření návrhu

Dle navrhnutých úprav byl upraven model stávajícího stavu a v programu HEC-RAS byl spuštěn výpočet stejným způsobem jako ve stávajícím stavu s rozdíly v navrhovaných úsecích Ú1 a Ú2.

Navýšení stávajících hrází bylo nahrazenou funkcí *levees*, tak stejně v případě PP stěny bylo využito stejné funkce. Po výpočtu byl sestrojen podélný profil upraveného toku (A.4.). Tento profil obsahuje výškové úrovně nově navržených opatření, které by měli spolehlivě vyhovět na stanovený návrhový průtok  $Q_N = 45,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Na základě upraveného proudění v korytě vlivem navržených změn byli upraveny rozlivy pro  $Q_{100} = Q_N$ , které jsou k nahlédnutí v přílohách (A.3.1., A.3.2.). Výsledné hladiny, které byli použity na zpracování všech výstupů jsou k nahlédnutí v příloze (B.2.).

### 8.1. Zhodnocení ověřeného návrhu

Výpočtem návrhu bylo ověřeno, že návrh je vhodný a opatření, která byla navržena, jsou žádoucí. Navržená úprava dokáže převést stanovený návrhový průtok  $Q_N = 45,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . V úpravě byly zastoupeny protipovodňové stěny, ochranné zatravněné valy a v asi největší míře navýšování stávajících hrází, které nebyly dostatečné kapacitní. V kříženích s objekty na toku bylo v případě nutnosti použito mobilní hrazení.

### 8.2. Porovnání současného a navrhovaného stavu

Navrhovaný stav byl směřován k zadržení vody v krajině v lokalitě tomu určené, což má pozitivní vliv na přírodu v okolí nedalekého parku Bobrava. PPO zde bylo navrhováno s myšlenkou začlenění do krajiny, tudíž se povedlo splnit specifikaci PBPPPO. V rámci druhé části návrhu bylo zajištěno nežádoucího rozlivu v intravilánu obce PPO ve formě ŽB stěn, které splňují účel zamýšlené ochrany. Největším úspěchem práce je ochránění stávající průmyslové zóny, která by v případě větších povodňových průtoků mohla způsobit škody vysokých hodnot. Šlo o situaci, která byla při vypracovávání návrhu primárním cílem kvůli její zajímavosti.

## 9. Závěr

Bakalářská práce se zabývala posuzováním a návrhem říčky Bobravy od nedalekého soutoku s řekou Svratkou v ř. km 1,700 do ř.km 7,000. Prvním krokem práce bylo seznámení s lokalitou a vytvoření fotodokumentace, která sloužila k popisu lokality a je nedílnou součástí jakéhokoli návrhu. Dále byla zpracována vstupní data ve formě příčných profilů a situace zájmové lokality. Zpracovaná data byla použita na vytvoření vlastního modelu, přičemž výsledkem byly hydraulické výpočty stávajícího stavu říčky Bobravy v programu HEC-RAS.

Na základě hydraulických výpočtu byly vybrány dva úseky Ú1 a Ú2, které podstoupily návrh úpravy koryta na revitalizaci, PBPPO, případně PPO ve snaze ochránit dotčená místa na návrhový průtok  $Q_N = Q_{100} = 45,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Úsek Ú1 byl úsek zaměřený na revitalizaci a PBPPO v oblasti mimo obec nedaleko zdejší průmyslové zóny v KÚ obce Modřice. Úsek Ú2 se naopak zabýval PPO v intravilánu obce Želešice. Návrh byl zpracován v projektové dokumentaci a mapových podkladech. Bylo zhotoveno hydraulické ověření návrhu, které ověřilo správnost navrhovaných opatření.

Realizace by byla dle mého názoru finančně náročná a reálně by některá opatření byla spíše naddimenzovaná. Jelikož se nejedná o povodí vyššího řádu, navrhovalo by se spíše opatření s návrhovým průtokem v nižších povodňových stupních. Opatření je v tomhle případě na stranu bezpečnosti.

Bakalářská práce pro mě byla precedentem do budoucího života hlavně z pohledu všeobecného rozhledu a schopnosti třídit data získána převážně z online zdroje vlivem situace, ve které se dnešní svět nachází. Také byl využit vyšší potenciál programů použitých při zpracování a schopnost tvořit mapové podklady.

## 10. Seznam zdrojů

- [1] JANDORA, Jan a Jan ŠULC, 2007. *Hydraulika: modul 01*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. ISBN 978-80-7204-512-9.
- [2] ŠLEZINGR, Miloslav, 2013. *Říční typy III: dolní tok: úvod do problematiky úprav vodních toků*. V Brně: Mendelova univerzita. ISBN 978-80-7375-710-6.
- [3] STARÝ, M., 2005. *Hydrologie*. BRNO: Skripta byla vydána v el. podobě.
- [4] 178/2012 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících.... *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění*, 2010 [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-178?text=bobrava&fbclid=IwAR2daDEKAJocUMe8j5D7exxugXq3MeDkVrTLpg93xS z14xmFCzGMa0Bnda8>
- [5] Vývoj pojistného trhu: V roce 2020 pojišťovny řešily druhý největší objem pojistných událostí z živelních škod za poslední dekádu. *Česká asociace pojišťoven* [online]. 2021 [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: [https://www.cap.cz/en/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/104791-vyvoj-pojistneho-trhu-v-roce-2020-pojistovny-resily-druhy-nejvetsi-objem-pojistnych-udalosti-z-zivelnich-skod-za-posledni-dekadu?fbclid=IwAR0LUYqPPeM1p2wTreoWB9\\_v38VOGgDdV1tApWqjdw7a1Hfi2U-OEBgmpdk](https://www.cap.cz/en/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/104791-vyvoj-pojistneho-trhu-v-roce-2020-pojistovny-resily-druhy-nejvetsi-objem-pojistnych-udalosti-z-zivelnich-skod-za-posledni-dekadu?fbclid=IwAR0LUYqPPeM1p2wTreoWB9_v38VOGgDdV1tApWqjdw7a1Hfi2U-OEBgmpdk)
- [6] 2. Tabulkový – Katalog drsností, 2011. [online]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/katalogdrsnosti/home>
- [7] Oficiální stránky – ŽELEŠICE, 2021. *Oficiální stránky – ŽELEŠICE* [online]. Dostupné z: <https://www.zelesice.eu/>
- [8] Počet obyvatel v obcích – k 1.1.2020, 2020. *Český statistický úřad* [online]. Praha 10. [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112019>
- [9] Želešice, 2021. *Wikipedie* [online]. [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDele%C5%A1ice>
- [10] Mapy.cz, 2021. *Mapy.cz* [online]. Dostupné z: <https://en.mapy.cz/zakladni?x=16.6000000&y=49.2667000&z=11>

- [11] Povodí Moravy, 2020. *Wikipedie* [online]. [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Povod%C3%AD\\_Moravy](https://cs.wikipedia.org/wiki/Povod%C3%AD_Moravy)
- [12] Závod Dyje – Povodí Moravy, 2010. *Povodí Moravy* [online]. Copyright © [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/o-podniku/zavod-dyje/>
- [13] Průvodní list útvaru povrchových vod Plánu oblasti povodí Dyje 2010–2015. *Povodí Moravy* [online]., 4 [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: [http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/inf\\_listy/prilohy/D062.pdf](http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/inf_listy/prilohy/D062.pdf)
- [14] Ředitelství podniku – Povodí Moravy, 2010. *Povodí Moravy* [online]. Copyright © [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/o-podniku/reditelstvi/>
- [15] Bobrava, 2019. *Wikipedie* [online]. [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bobrava>
- [16] Přírodní park Bobrava, 2020. *Wikipedie* [online]. [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99%C3%ADrodn%C3%AD\\_park\\_Bobrava](https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99%C3%ADrodn%C3%AD_park_Bobrava)
- [17] Naučná cyklotrasa Přírodním parkem Bobrava, 2021. *Vyletnik.cz* [online]. 2006 © Agentura Paseo, s.r.o. [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: <https://www.vyletnik.cz/trasy/cyklotrasy/jizni-morava/brno-a-okoli/1521-naucna-cyklotrasa-prirodnim-parkem-bobrava/>
- [18] Detail Bobrava, Želešice – Povodí Moravy, 2010. *Povodí Moravy* [online]. Copyright © [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/stav/1174/>
- [19] Půda v mapách, 2021. *VÚMOP, Půdní služba. Půda v mapách* [online]. Copyright ©. [cit. 23.05.2021] Dostupné z: <https://mapy.vumop.cz/>
- [20] Brněnsko, chráněná území ČR, 2008. *AOPK ČR* [online]. Copyright © [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: <https://www.ochranaprirody.cz/res/archive/283/035078.pdf?seek=1242309826>
- [21] Databáze významných geologických lokalit: 777, 1998. *Praha: Česká geologická služba* [online]. [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: <http://lokality.geology.cz/777>.



- [22] HAVÁRIE ROPOVODU U BRNA. *Respekt* [online]. 1993, (2.) [cit. 2021-5-23]. ISSN 1801-1446. Dostupné z: <https://www.respekt.cz/tydenik/1993/2/havarie-ropovodu-u-brna>
- [23] HEC-RAS, 2020. *Wikipedie* [online]. [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/HEC-RAS>
- [24] HEC-RAS, 2021. [online]. [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- [25] Detail čidla – Povodňový portál, 2021. *Povodňový portál* [online]. Copyright © VOP Dolní Bousov s.r.o. [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: <https://www.povodnovyportal.cz/admin/cidla/detail/93>
- [26] *Evidenční list pomocného hlásného profilu kategorie „C“*, 2021 [online]. In: . © VOP Dolní Bousov, s. 1 [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: <https://www.povodnovyportal.cz/admin/dokumenty/soubor/493/evidencni-list-hp-kat-c-zelesice-1>
- [27] *Evidenční list pomocného hlásného profilu kategorie „C“*, 2021 [online]. In: . © VOP Dolní Bousov, s. 2 [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: <https://www.povodnovyportal.cz/admin/dokumenty/soubor/494/evidencni-list-hp-kat-c-zelesice-2>
- [28] *HORNICKÉ listy*, 2021 [online]. Chomutov [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: [https://www.hornicke-listy.cz/images/121770500\\_img\\_4459.jpg?fbclid=IwAR3G5sk4QcY9Hyk39xaVhHqEjXp-fadCINpmdMT0P7vG0Npq8G30ykOu1IU](https://www.hornicke-listy.cz/images/121770500_img_4459.jpg?fbclid=IwAR3G5sk4QcY9Hyk39xaVhHqEjXp-fadCINpmdMT0P7vG0Npq8G30ykOu1IU)
- [29] 45. Planá nad Lužnicí – protipovodňová opatření | pvl.cz, 2013. *Úvodní strana / Povodí Vltavy s. p.* [online]. Copyright © Povodí Vltavy, státní podnik [cit. 27.05.2021]. Dostupné z: [http://www.pvl.cz/podpora-prevence-pred-povodnemi-ii/prehled-staveb-protipovodnovych-opatreni/45-plana-nad-luznici---protipovodnova-opatreni?fbclid=IwAR0HR5EB4OhfDdG3cwT8jKavh3r3ajRx8O\\_t5Gm\\_GY3ftu95CsWRJ3dvMRA](http://www.pvl.cz/podpora-prevence-pred-povodnemi-ii/prehled-staveb-protipovodnovych-opatreni/45-plana-nad-luznici---protipovodnova-opatreni?fbclid=IwAR0HR5EB4OhfDdG3cwT8jKavh3r3ajRx8O_t5Gm_GY3ftu95CsWRJ3dvMRA)

- [30] Mobilní protipovodňová stěna | PREFA, 2021. *PREFA Aluminiumprodukte s.r.o. ČR / PREFA* [online]. Copyright © PREFA [cit. 27.05.2021]. Dostupné z: <https://cz.prefa.com/katalog-produktu/protipovodnova-ochrana/mobilni-protipovodnova-stena/>
- [31] Ing. Haut Bohumír, 2021. *Firma Ing. Haut Bohumír* [online]. Želešice u Brna, 1992 [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: [http://haut.cz/?fbclid=IwAR3tbQbxhUjhoPgkSI2jq8jz7wCDVqyOGbvSWDJw8Ds-1w080OgFBcmL\\_O0](http://haut.cz/?fbclid=IwAR3tbQbxhUjhoPgkSI2jq8jz7wCDVqyOGbvSWDJw8Ds-1w080OgFBcmL_O0)
- [32] JANDORA, Jan a Hana UHMANNOVÁ. M01 – *Proudění v systémech říčních koryt*, studijní opora, FAST VUT v Brně, Brno, 2006

## 11. Seznam obrázků

Obr. 1	Rovnoměrné proudění.....	13
Obr. 2	Příklad empirického určení drsnosti na lokalitě Bobrava [6] .....	15
Obr. 3	Složitý tvar koryta složený z více částí .....	16
Obr. 4	Konkrétní případ výpočtu nerovnoměrného proudění metodou po úsecích .....	17
Obr. 5	Směr výpočtu při konkrétním případě metody po úsecích.....	18
Obr. 6	Poloha zájmové lokality označena červeným kruhem mapě České republiky [10].....	19
Obr. 7	Rozdělení povodí Moravy do tří závodů [14] .....	20
Obr. 8	Charakteristika vodního útvaru [13] .....	20
Obr. 9	Část toku od ř. km 1,700 do ř. km 2,000 s lávkou pro pěší – km 1,964 [E] .....	21
Obr. 10	Opevnění břehů koryta v ř. km 2,200 až ř. km 3,600 [E].....	22
Obr. 11	Část od ř. km 2,200 do ř. km 3,600 [E].....	22
Obr. 12	Pohled na kamennou dlažbu v cementové maltě v místech objektů v intravilánu [E] ..	23
Obr. 13	Opevněné koryto v intravilánu obce v ř. km 3,600 do ř. km 4,900 [E] .....	23
Obr. 14	Nánosy dřevin nedaleko kamenolomu v úseku ř. km 4,900 až ř. km 5,500 [E].....	24
Obr. 15	Balvany vyskytující se v kynetě toku v ř. km 4,900 až ř. km 5,500 [E] .....	24
Obr. 16	Lávka pro pěší L1 v ř. km 1,964 [E] .....	25
Obr. 17	Silniční most M1 ulice 1. Máje v ř. km 3,916 [E].....	26
Obr. 18	Most II/152 M2 s přidruženým potrubím DN 500 v ř. km 4,276 [E] .....	27
Obr. 19	ŽB lávka pro pěší L2 v ř. km 4,284 [E] .....	27
Obr. 20	Kovová lávka pro pěší L3 v ř. km 4,551 [E] .....	28
Obr. 21	Spádový stupeň S1 v ř. km 4,586 [E].....	28
Obr. 22	Kovová lávka pro pěší L4 v ř. km 4,868 [E] .....	29
Obr. 23	Dřevěná lávka pro pěší L5 v ř. km 5,742 [E] .....	29
Obr. 24	Silniční most u kamenolomu M3 v ř. km 5,852 [E] .....	30
Obr. 25	Orná půda vhodná pro realizaci rozlivů v ř. km 1,700 až ř. km 3,600 [E].....	31
Obr. 26	Rozhraní průmyslové zóny a orné půdy v ř. km 1,700 do ř. km 3,600 [E].....	31
Obr. 27	Limnigrafická stanice osazena vodočetnou latí v přibližně ř. km 3,650 [E].....	32
Obr. 28	Výstřižek evidenčního listu limnigrafické stanice [26] .....	33
Obr. 29	Hlásný profil kategorie C – hladinoměr na mostě v ř. km 3,916 [E] .....	33
Obr. 30	Aktuální naměřená data na hlásném profilu kategorie C – hladinoměr [25].....	34
Obr. 31	Výstřižek evidenčního listu hladinoměru na mostě v ulici 1. Máje [27] .....	34
Obr. 32	Mapa klimatických regionů v zájmové lokalitě M 1:20 000 [19] .....	35
Obr. 33	Mapa skupin půdních typů v zájmové lokalitě M 1:20 000 [19].....	37
Obr. 34	Zadané okrajové podmínky v programu HEC-RAS.....	39
Obr. 35	Výstřižek situace navrhované úpravy Ú1 – revitalizace a PBPP [F, I] .....	43
Obr. 36	Ilustrační obrázek ochranného valu začleněného do přírody [28] .....	44
Obr. 37	Odstranění stávající hráze v úseku revitalizace (HEC-RAS) .....	45
Obr. 38	Výstřižek situace navrhované úpravy Ú2 – PPO [F, I] .....	46
Obr. 39	Ilustrační obrázek ŽB protipovodňové stěny při výstavbě [29] .....	47
Obr. 40	Ilustrační obrázek mobilního hrazení v navázání na stěnu [30] .....	47

## 12. Seznam tabulek

Tab. 1 - Objekty na toku .....	25
Tab. 2 – $N$ -letý maximální průtok významného vodního toku Bobrava ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) [D] .....	34
Tab. 3 - Charakteristika klimatických regionů .....	35
Tab. 4 – Součinitel drsnosti $n$ použit v modelu .....	39
Tab. 5 – Vzduť a přelití mostovky při průtoku $Q_{20}$ .....	42
Tab. 6 – Vzduť a přelití mostovky při průtoku $Q_{100}$ .....	42



### 13. Seznam zkratk a symbolů

ř. km	– říční kilometr
ČHMÚ	– Český hydrometeorologický ústav
USACE	– Inženýři spojených států amerických (volný překlad)
ČOV	– čistička odpadních vod
KÚ	– katastrální území
ŽB	– železobetonový
1D	– jednorozměrný model
2D	– dvourozměrný model
$Q$	– průtok vody [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
$Q_1$	– jednoletý průtok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
$Q_5$	– pětiletý průtok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
$Q_{20}$	– dvacetiletý průtok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
$Q_{100}$	– stoletý průtok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
$Q_N$	– návrhový průtok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
$n$	– Manningův součinitel drsnosti koryta
$O$	– omočený obvod
$A$	– průtočná plocha
$R$	– hydraulický poloměr
$C$	– rychlostní součinitel
$i$	– sklon dna
$\alpha$	– coriolissovo číslo
$h$	– hloubka (kritická, vodní hladiny, apod.)
$d_s$	– průměr zrna
$g$	– gravitační konstanta
$L$	– délka
PB	– pravobřežní
LB	– levobřežní

## 14. Seznam příloh

### A. Projektová dokumentace

A.1.	Situace širších vztahů	M 1:500 000
A.2.	Situace zájmové lokality, rozlivů Q100	M 1:10 0000
A.3.1.	Situace navrhované úpravy 2 – PPO	M 1:5 000
A.3.2.	Situace navrhované úpravy 1 – revitalizace a PBPPPO	M 1:5 000
A.4.	Podélný profil toku	M 1:2 000/200
A.5.	Vzorový příčný profil – navýšení hráze a PP stěna	M 1:50
A.6.	Příčné profily – revitalizace	M 1:100

### B. Tabelární výsledky rozlivů

B.1.	Původní stav vlastního modelu
B.2.	Stav modelu po návrhových úpravách